

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-116090

(43)Date of publication of application : 21.04.2000

(51)Int.Cl.

H02K 21/14

(21)Application number : 10-277635

(71)Applicant : SHIN ETSU CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 30.09.1998

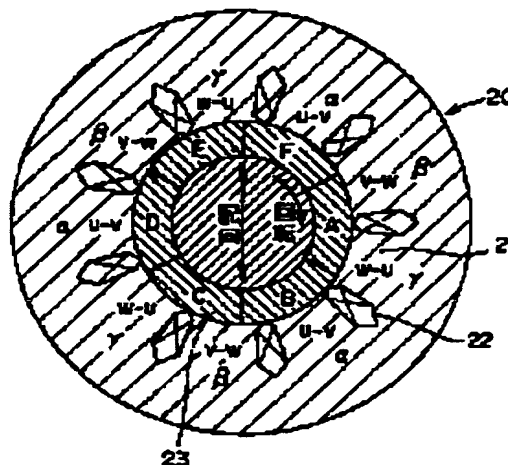
(72)Inventor : SATO KOJI  
MINOWA TAKEHISA

## (54) PERMANENT MAGNET MOTOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make uniform scattering of the magnetic flux density between poles and to reduce torque irregularity by making specific the number of gears of a stator that is combined with a cylindrical magnet when the number of magnetization in a peripheral direction in the cylindrical magnet is set to an even number that is equal to or more than four.

**SOLUTION:** When the number of magnetization in a peripheral direction in a cylindrical magnet 23 that is orientated in one direction being vertical to a cylindrical shaft is set to  $k$  ( $k$  is a positive even number that is equal to or more than four), the number of stator gears 21 being combined with the cylindrical magnet 23 is set to  $3k.n/2$  ( $n$  is a positive integer that is equal to or more than one). Also, the skew angle of the cylindrical magnet 23 ranges from  $1/10$  to  $2/3$  of the angle  $(360/k)$  for one pole and is made of  $k$  multiple-pole skew magnetization. Further, the skew angle of the stator gears 21 ranges from  $1/10$  to  $2/3$  of an angle  $(360/k)$  for one pole similarly and is provided with  $3k.n/2$  skew gears. For example, by setting the number  $k$  of magnet poles to 6 and the number  $3k.n/2$  of gears to 9 ( $n=1$ ) in the combination of the pole of the magnet and the stator gears 21, the magnetic flux scattering can be relaxed also in a cylindrical magnet being orientated in a diameter direction with scattering in the magnetic flux density and suppressing rotation irregularity.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 26.07.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-116090  
(P2000-116090A)

(43)公開日 平成12年4月21日(2000.4.21)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 2 K 21/14

識別記号

F I  
H 0 2 K 21/14

テーマコード(参考)

M 5 H 6 2 1

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-277635

(22)出願日 平成10年9月30日(1998.9.30)

(71)出願人 000002060

信越化学工業株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目6番1号

(72)発明者 佐藤 孝治

福井県武生市北府2丁目1番5号 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

(72)発明者 美濃輪 武久

福井県武生市北府2丁目1番5号 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

(74)代理人 100062823

弁理士 山本 亮一 (外2名)

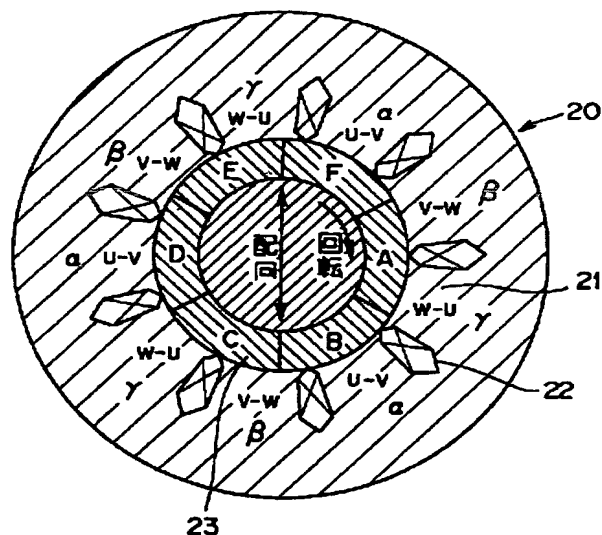
Fターム(参考) 5H621 AA03 GA01 GA04 GA15 GA16  
HH01 JK02 JK03

(54)【発明の名称】 永久磁石モータ

(57)【要約】

【課題】 垂直磁場成型法により円筒軸に垂直な一方向に配向した円筒磁石に多極着磁を行った磁石の、極間の磁束密度のばらつきを揃え、トルクむらを低減して高性能の永久磁石モータを提供する。

【解決手段】 垂直磁場成型法によって作製された、円筒軸に垂直な一方向に配向された円筒磁石23における周方向の着磁極数が $k$  ( $k$ は4以上の正の偶数)個のとき、この円筒磁石23と組み合わせるステータの歯21の数が $3k \cdot n / 2$  ( $n$ は1以上の正の整数)個であることを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 垂直磁場成型法によって作製された、円筒軸に垂直な一方向に配向された円筒磁石における周方向の着磁極数が  $k$  ( $k$  は 4 以上の正の偶数) 個のとき、この円筒磁石と組み合わせるステータの歯数が  $3k \cdot n / 2$  ( $n$  は 1 以上の正の整数) 値であることを特徴とする周方向に多極に着磁した永久磁石モータ。

【請求項 2】 円筒軸に垂直な一方向に配向した円筒磁石のスキュー角度が円筒磁石の 1 極分の角度 ( $360 / k$ ) の  $1 / 10$  から  $2 / 3$  で、 $k$  個の多極スキュー着磁であることを特徴とする請求項 1 記載の永久磁石モータ。

【請求項 3】 ステータ歯のスキュー角度が円筒磁石 1 極分の角度 ( $360 / k$ ) の  $1 / 10$  から  $2 / 3$  で、 $3k \cdot n / 2$  個のスキュー歯を持つことを特徴とする請求項 1 記載の永久磁石モータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はサーボモータ、スピンドルモータ等の永久磁石モータの改良に係るものである。

## 【0002】

【従来の技術】 フェライトや希土類合金のような結晶磁気異方性材料を粉砕し、特定の磁場中でプレス成型を行い作製される異方性磁石は、スピーカ、モータ、計測器、その他の電気機器等に広く使用されている。このうち特にラジアル方向に異方性を有する希土類焼結磁石は、磁気特性に優れ、軸方向への自由な着磁が可能であり、またセグメント磁石のような磁石固定用の補強の必要もないため、AC サーボモータ、DC ブラシレスモータ等に使用されている。特に近年はモータの高性能化にともない、長尺のラジアル異方性磁石が求められてきた。ラジアル配向を有する磁石は磁場中成型または後方押し出しにより製造されるが、磁場中成型法はコアを介して磁場を対抗方向から印加しラジアル配向を得るがコア形状により配向可能な磁石高さが決まってしまう、長尺品を製造することが難しい。また、後方押し出し法は設備が大掛かりで、歩留まりが悪く、安価な磁石を製造することが困難であった。このようにラジアル異方性磁石は、いかなる方法においても製造が困難であり、安く大量に製造することは難しくラジアル異方性磁石を用いたモータも非常にコストが高くなってしまうという不利があった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ラジアル異方性磁石を用いずとも円筒磁石に多極着磁が行え、磁束密度が高く、かつ極間における磁束密度のばらつきが小さければ、高性能の永久磁石モータ用の磁石となりうる。磁石を垂直磁場プレスにより円筒軸に垂直な一方向に配向しておき、着磁のみを多極にすることにより、ラジアル異

方性磁石を用いずとも永久磁石モータ用円筒多極磁石を作製する方法が提案された(電気学会マグネティクス研究会資料 MAG-85-120、1985)。垂直磁場成型法により製造された、円筒軸に垂直な一方向に配向された磁石(以下、径方向配向円筒磁石と呼ぶ)は、プレス機のキャビティが許すかぎりの長尺化(50mm以上)に加えて多連プレスが行えるので、1度のプレスで多数個の成型体を得られ、高価なラジアル異方性磁石の代わりに廉価にモータ用円筒磁石を供給することができる。しかし、実際に垂直磁場プレスにより作製された径方向配向円筒磁石に多極着磁を行った磁石は配向方向近傍の極では磁束密度が高く、配向方向に垂直な極では磁束密度が小さいため、モータに組みモータを回転させると極間の磁束密度のばらつきを反映したトルクむらが生じてしまい、実用に耐えうるモータ用磁石とは言えなかった。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明者らはかかる課題を解決するために鋭意努力を重ねた結果、本発明に至ったもので、本発明の永久磁石モータは、(1) 垂直磁場成型法によって作製された、円筒軸に垂直な一方向に配向された円筒磁石における周方向の着磁極数が  $k$  ( $k$  は 4 以上の正の偶数) 個のとき、この円筒磁石と組み合わせるステータの歯数が  $3k \cdot n / 2$  ( $n$  は 1 以上の正の整数) 個であることを特徴としている、(2) 円筒軸に垂直な一方向に配向した円筒磁石のスキュー角度は円筒磁石の 1 極分の角度 ( $360 / k$ ) の  $1 / 10$  から  $2 / 3$  で、 $k$  個の多極スキュー着磁からなっている、

(3) ステータ歯のスキュー角度は円筒磁石 1 極分の角度 ( $360 / k$ ) の  $1 / 10$  から  $2 / 3$  で、 $3k \cdot n / 2$  個のスキュー歯を有している。本発明により、性能の優れた同期式磁石モータを、廉価で大量に供給することができるようになった。

## 【0005】

【発明の実施の形態】 以下、この発明の作用を Nd-F e-B 系の径方向配向円筒磁石について説明するが、本発明は Nd-F e-B 系磁石に限るものではない。図 1 は円筒磁石の着磁を行うための着磁機の平面説明図である。図中、1 は径方向配向円筒磁石、10 は着磁機、11 は着磁機の磁極歯、12 は着磁機のコイルを示す。図 2 は、垂直磁場プレスにより作製した Nd-F e-B 系円筒磁石に、図 1 に示される着磁機により 6 極着磁を行った際の表面磁束密度を示した図である。このように垂直磁場成型法により径方向配向円筒磁石を作製し、該磁石に 6 極着磁を行うと、B、C、E、F の配向方向部では非常に大きな表面磁束密度が得られるが、配向方向に垂直部の A、D では表面磁束密度が小さい。また、そればかりか配向方向とその垂直方向では、図 1 の様な同じ角度幅を持つ着磁機具を用いて着磁を行ったにもかかわらず、着磁幅は配向方向で広く、配向方向垂直方向では

非常に狭くなる。このため垂直磁場プレスにより作製された径方向配向円筒磁石では、1極より生じる総磁束量が大きい極と非常に小さな磁束量しか持たない極が存在することになる。各極間における磁束量のばらつきはモータに組みこまれた際の回転むらになり、振動、騒音の原因となる。したがってこの各極間の磁束量のばらつきを低減することで、むらの無いスムーズな回転が行える。

【0006】図3は、9個のステータ歯（ステータティース）を有する3相モータの平面図を示したものである。3相モータ20は $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ のステータ歯21が $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の順に配列し、その配線がステータ歯をコイル状に巻きながらつながりU、V、W相としてモータの入力線となる。このU、V、W相に電流を流してコイル22に磁場を発生させ、コイルによる磁場と円筒磁石23との間に働く斥力及び引力によりモータは回転する。U-V、V-W、W-Uはそれぞれ総ステータ歯数の1/3の数の歯を周っており、U-Vに電流が流れるとステータコアの $\alpha$ より磁場が発生せられ、同様にV-Wにより $\beta$ 、W-Uにより $\gamma$ にそれぞれ磁場が発生する。図3は、このような歯数9個のステータを有する3相モータに、6極に着磁を行った径方向配向円筒磁石23を組み込んだものである。

【0007】図中においてU-V（ $\alpha$ ）が磁石の極の中心に位置しモータトルクのピークとなる。この際、U-V（ $\alpha$ ）と作用し回転力を生じる極はF、B、D極であり、F及びB極は配向方向近傍の極であり磁束密度が大きく、Dは配向方向に垂直方向に位置する極であり磁束密度は小さい。次に磁石が回転しU-V（ $\alpha$ ）にE、A、C極が近づく。E及びC極は配向方向近傍の極であり磁束密度が大きく、Aは配向方向に垂直方向に位置する極であり磁束密度は小さい。しかし磁石極数6の3/2倍の9個の歯を有するがためにU-V（ $\alpha$ ）のコイルに鎖交する磁束量はF、B、D極分合わせたものとE、A、C極分合わせたものでは常に等しくなる。この関係はV-W（ $\beta$ ）、W-U（ $\gamma$ ）においても同様である。このように、磁石の極とモータのステータの歯数の組み合わせを磁石極数 $k=6$ 、歯数 $3k \cdot n/2=9$ （ $k=6$ 、 $n=1$ ）の組み合わせとすることで、磁石に配向近傍方向の極と配向方向に垂直方向の極が存在し磁束密度にばらつきがある径方向配向円筒磁石においても、磁束ばらつきが緩和され回転むらのないモータを得ることができる。

【0008】3相式モータにおいては磁石極数 $k$ に対し、ステータ歯数を $3k \cdot n/2$ とした際に、常に上記関係が維持され、回転むらのないモータを得ることができる。このように径方向配向円筒磁石に多極着磁を行い、ステータ歯数を着磁極数の $3n/2$ 倍とすることで、安価でしかも大量生産が可能な径方向配向円筒磁石

を用いて、回転むらのない優れたモータ特性を有するモータを生産できるようになった。

【0009】垂直磁場プレスにより作製された径方向配向円筒磁石に多極着磁を行ったものは、ラジアル異方性リング磁石に多極着磁を行った場合に比べ、極間付近の着磁性及び磁気特性が低いので磁束密度の極間部の変化が滑らかであり、モータのコギングトルクは小さいが、スキュー着磁または、ステータ歯にスキューを施すことで、さらにコギングトルクを低減することができる。円筒磁石及びステータ歯のスキュー角度が、円筒磁石1極分の角度の1/10未満であるとスキュー着磁によるコギングトルク低下の効果が小さく、円筒磁石1極分の角度の2/3より大きいとモータのトルクの低下が大きくなるため、スキュー角度は円筒磁石1極分の角度の1/10から2/3の角度が好ましい。

#### 【0010】

【実施例】（実施例1、比較例1）それぞれ純度99.7重量%のNd、Dy、Fe、Co、M（MはAl、Si、Cu）と純度99.5重量%のBを用い、真空溶解炉で溶解鑄造してインゴットを作製した。このインゴットをジョウクラッシャーで粗粉碎し、更に窒素気流中ジェットミル粉碎により平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ の微粉末を得た。この粉末を垂直磁場プレスにて12kOeの磁場中において $1.0 \text{ t/cm}^2$ の成型圧にて成型した。この成型体はArガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き580℃で1時間の熱処理を行った。その後加工を行い $\phi 30 \text{ mm} \times \phi 25 \text{ mm} \times L 30 \text{ mm}$ の円筒磁石を得た。本円筒磁石と同一磁石粉を用い、垂直磁場プレスにて12kOeの磁場中において $1.0 \text{ t/cm}^2$ の成型圧にて成型し、Arガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き580℃で1時間の熱処理をして本円筒磁石と同一条件で作製したブロック磁石の特性は、Br:13.0kG、iHc:15kOe、(BH)max:40MGoeであった。上記の径方向配向円筒磁石を、図1の関係になるように着磁機に配置し、6極着磁を行った。着磁後の磁石を磁石と同一高さの図3に示す構成のステータ内に組み込んだモータを作製した。磁石内径にはモータ軸となる強磁性コアが挿入接着されている。銅細線を各歯それぞれ100ターン巻きとした。各相間の磁束量をフラックスメータを用いて測定した。また比較例1として、本ステータ歯のうちの一つだけに実施例1と同じ銅細線を100ターン巻き、磁束量をフラックスメータにて測定した。磁石を1周させたときのピークの値を表1に示す。表に示されるように比較例ではピークによる磁束量が、小さいピークに対し大きなピークでは3倍程度と非常に大きいにもかかわらず、実施例1ではピーク値がほとんど変わらない。

#### 【0011】

#### 【表1】

	ピーク1 [kMx]	ピーク2 [kMx]	ピーク3 [kMx]	ピーク4 [kMx]	ピーク5 [kMx]	ピーク6 [kMx]
実施例1						
U-V	-30.5	30.2	-30.4	30.6	-30.2	30.3
V-W	-30.6	30.2	-30.4	30.5	-30.3	30.2
W-U	30.2	-30.3	30.5	-30.3	30.3	-30.6
比較例1	12.8	-38.2	37.5	-13.4	38.0	-37.2

【0012】（実施例2）実施例1のモータを1000rpmで回転させた際の誘起電圧及び、同モータを1～5rpmで回転させた際の荷重計によるトルクリップルの大きさを測定した。表2に誘起電圧の絶対値の最大及びトルクリップルの最大最小の差を示す。表より、本モータは使用上十分な誘起電圧量を有し、十分小さなトルクリップルであることがわかる。

【0013】（実施例3）実施例1の径方向配向円筒磁石を着磁する際、スキュー角度を磁石1極分の角度の1/3の20度でスキュー着磁を行い、該磁石を実施例1のモータに組み込み実施例2と同様に誘起電圧およびトルクリップルを測定した値を表2に示す。表よりトルクリップルの量がスキュー無し品よりさらに小さく、誘起電圧の低下はわずかであることがわかる。また、図4にこの際の電気角に対する誘起電圧の変化を示す。図4より、誘起電圧はスムーズな正弦波を描いており、発生した誘起電圧にはむらはないことが認められる。なお、曲線aは図3のU-V相、曲線bはV-W相、曲線cはW\*

10\*-U相における誘起電圧曲線をそれぞれ示している。

【0014】（比較例2）実施例1の径方向配向円筒磁石を着磁する際、スキュー角度磁石1極分の角度の5/6の50度でスキュー着磁を行い、該磁石を実施例1のモータに組み込み、実施例2と同様に誘起電圧およびトルクリップルを測定した値を表2に示す。表よりトルクリップルの量はスキュー無し品より小さいが、誘起電圧の低下が大きく実用に適さないことがわかる。

【0015】（実施例4）径方向配向円筒磁石を実施例1と同様に着磁し、スキュー角度が磁石1極分の角度の1/3の20度であるステータ歯を持つ実施例1と同寸法のモータに組み込み、実施例2と同様に誘起電圧およびトルクリップルを測定した値を表2に示す。表より、トルクリップルの量がスキュー無し品よりさらに小さく、誘起電圧の低下はわずかであることがわかる。

【0016】

【表2】

	誘起電圧 (V)	トルクリップル (Nm)
実施例2	50	0.077
実施例3	48	0.021
実施例4	48	0.025
比較例2	7	0.017

【0017】

【発明の効果】本発明によれば、生産性が低く高価なラジアル異方性磁石を用いずに、多連、長尺品が容易に生産可能で、安価で大量に安定して供給できる垂直磁場プレスによる径方向配向円筒磁石を用いて高性能の永久磁石モータを実現することができ、ACサーボモータ、DCブラシレスモータ等の高性能モータの低価格化に有用であり、産業上その利用価値は極めて高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】円筒磁石の着磁を行うための着磁機の平面説明図である。

【図2】垂直磁場プレスにより作製したNd-Fe-B系円筒磁石に図1に示される着磁機により6極着磁を行った際の表面磁束密度を示した図である。

【図3】6極に多極着磁した円筒磁石と9歯のステータ歯を組み合わせた3相モータの平面図を示したものである。

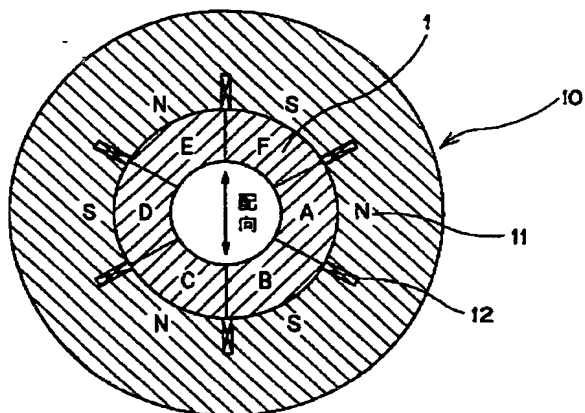
【図4】径方向配向円筒磁石を組み込んだ3相モータを1000rpmで回転させた際の誘起電圧の電気角との関係を示した図である。

【符号の説明】

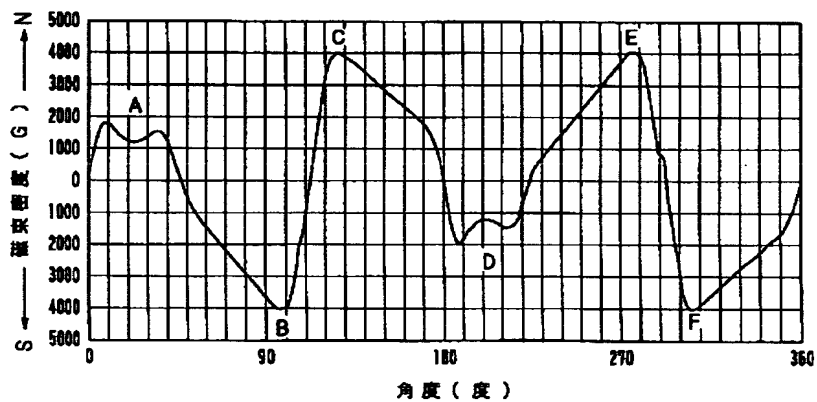
1. 径方向配向円筒磁石
10. 着磁機
11. 着磁機磁極室
12. 着磁機コイル
20. 3相モータ
21. モータステータ室
22. モータコイル

2.3. 径方向配向円筒磁石

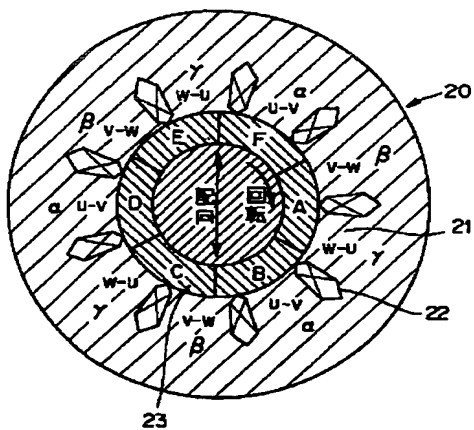
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

